

2026年2月17日(火)

発熱分布と電源力率が改善可能な 誘導加熱装置

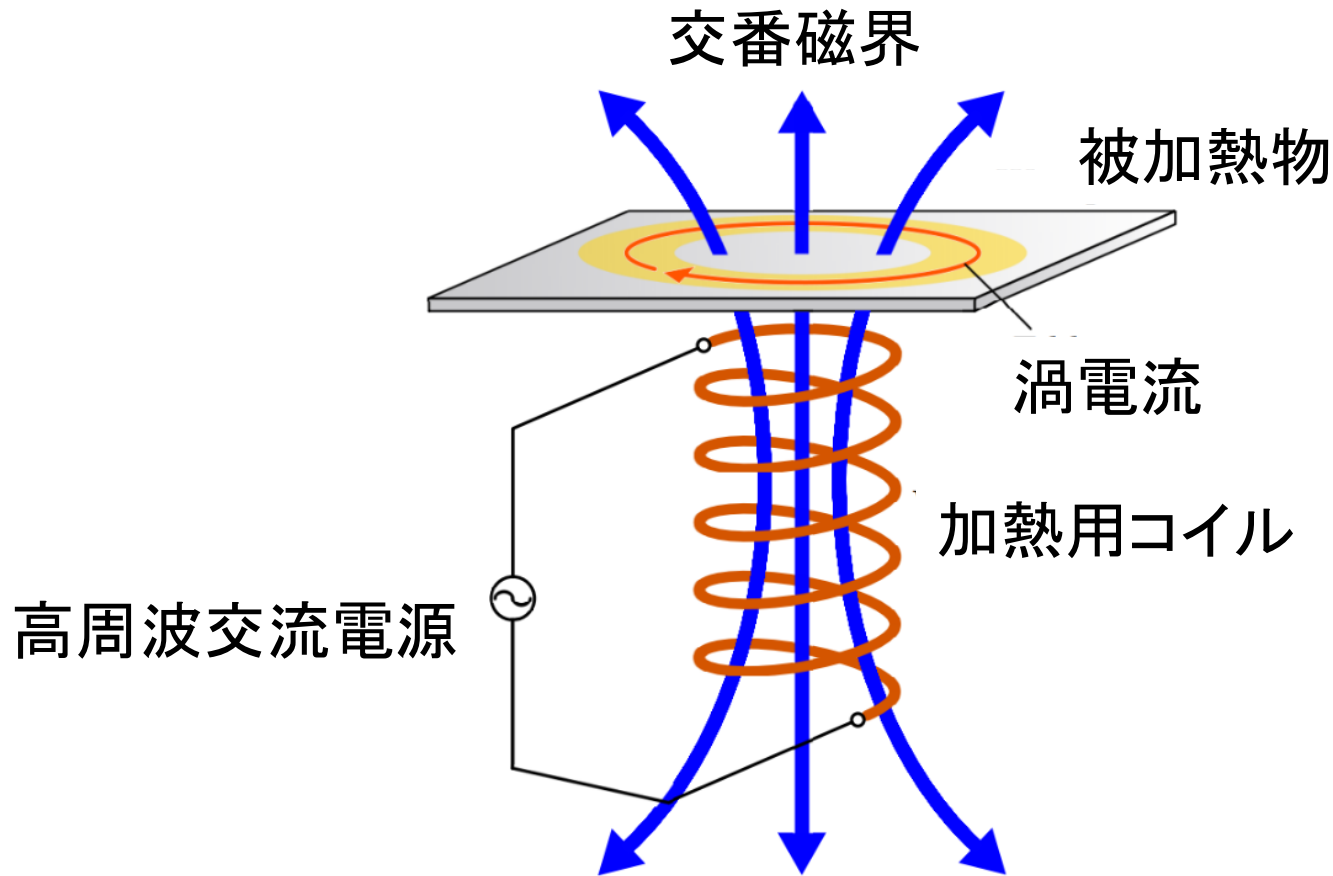
東京海洋大学 学術研究院 海洋電子機械工学部門

准教授 米田昇平



誘導加熱 (Induction Heating, IH)

非接触で、被加熱物を直接加熱



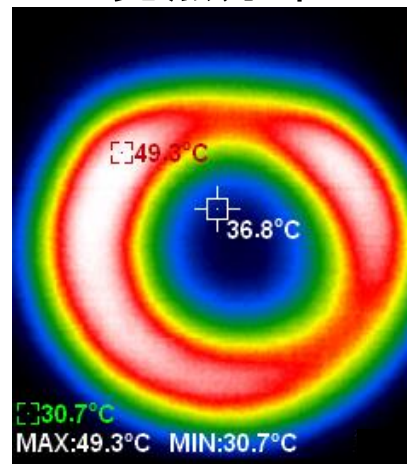
課題：加熱むら

一般的なドーナツ型コイルと それによる金属平板加熱時の発熱分布

ドーナツ形コイル



ドーナツ形の
発熱分布



加熱むら

- ➡ 加熱対象の不均一な加熱
- ➡ 温度差による変形



複数コイルによる発熱分布の制御の例

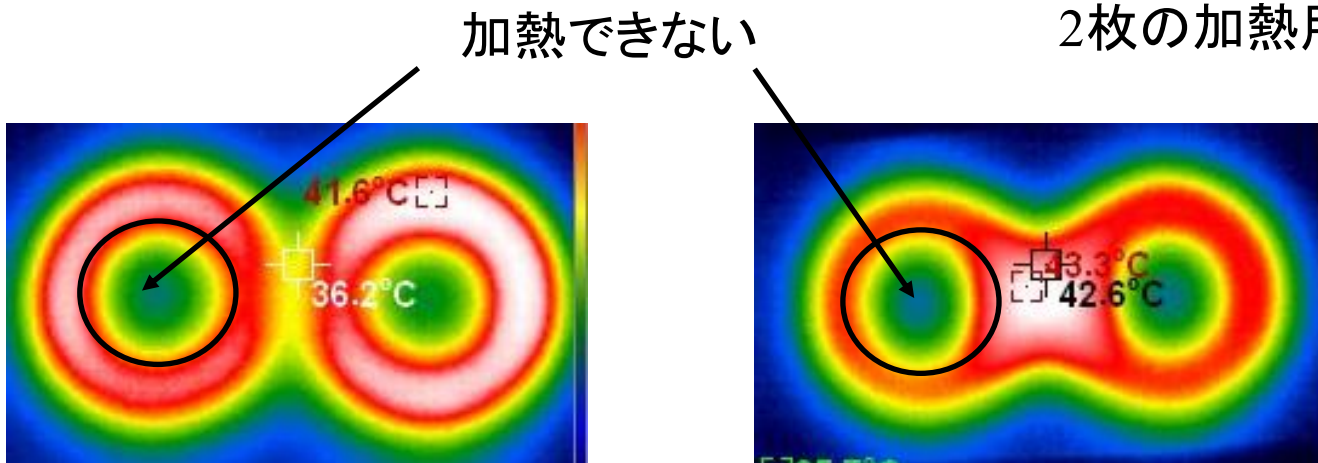
- 複数の加熱用円形コイルで鉄板を加熱

パナソニック. 黒瀬洋一, 貞平匡史. 誘導加熱調理機. 特開2010-153060



加熱コイル電流の位相差でコイル間の発熱を切り替え

2枚の加熱用円形コイル



コイル電流が同位相
→外側で強い発熱

※同位相:コイル内の電流が同じ向き

コイル電流が逆位相
→内側で強い発熱

※逆位相:コイル内の電流が逆向き

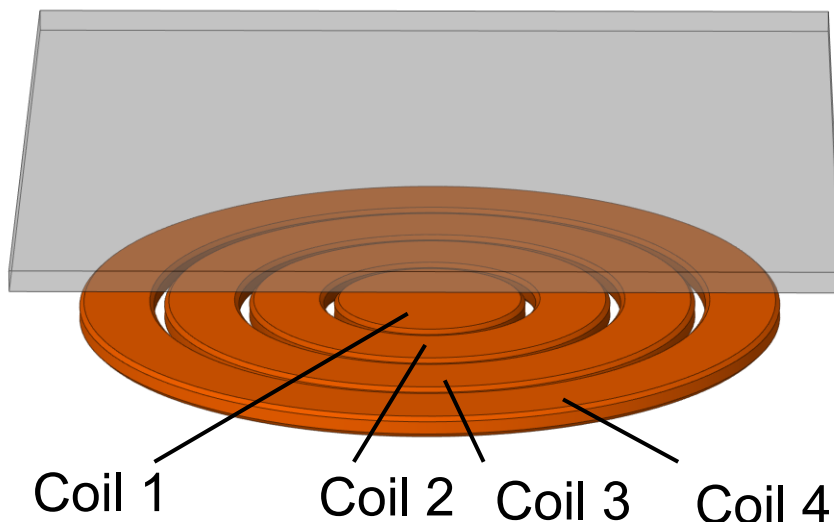
円形コイルの中心部の加熱むらの改善はできない



ゾーンコントロールによる加熱

ゾーンコントロール

Pham Ngoc Ha, et al "Analysis and Control of Heat Distribution in a Zone-Control Induction Heating System" IEEJ Trans. Vol.130, No.7, 2010 pp.926-932



複数の加熱コイルと電力変換回路
→均一加熱の実現



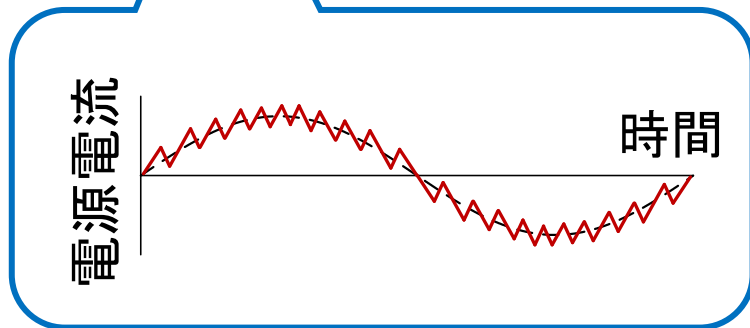
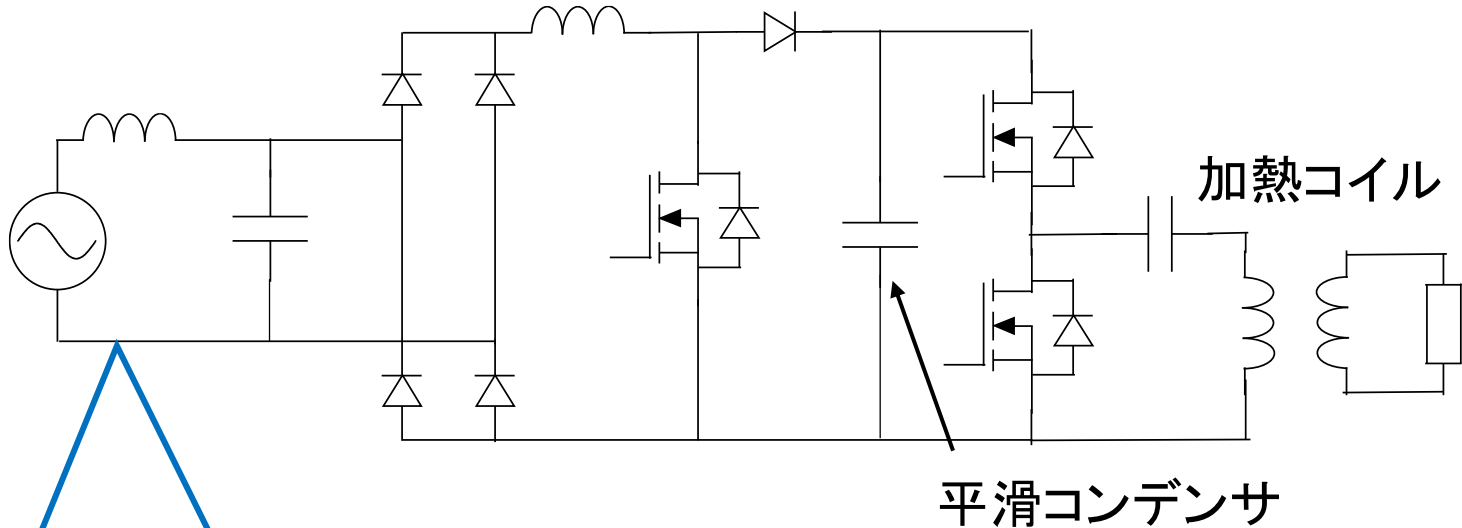
きめ細やかな制御,
複数台の電力変換回路が必要



課題：電源電流の歪みとその対策

一般的な誘導加熱システム

力率改善回路付きダイオード整流器 + 高周波インバータ



2段階 (AC-DC-AC) の電力変換
→ 大型で高価



従来技術とその問題点

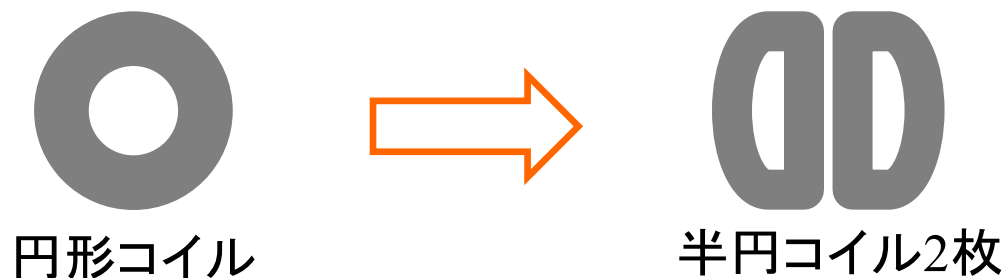
既に実用化されているものには、

- ① 複数加熱コイルの適用，専用コイルの設計（加熱むらへの対策）
 - ② 力率改善能力を有する変換器の採用（電源電流への対策）
- などがあるが、
- A) 専用設計した加熱コイルの使用
 - B) 電力変換器の大型，低効率化
- 等の問題がある。加えて、①と②の両立が可能な装置はほぼなく、広く利用されるまでには至っていない。



本発明の目的とアプローチ

- 目的: 円形コイルの加熱むらを改善と電源電流の歪みの低減の両立
- アプローチ: 半円コイルを2枚用いる誘導加熱システムの提案



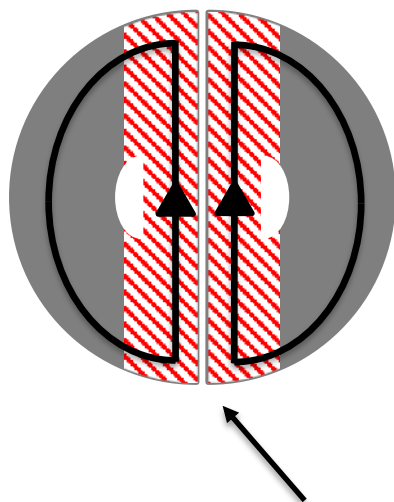
さらに、交流直接変換器と組み合わせ、無制御で発熱を均一化



従来の半円コイル2枚による発熱分布

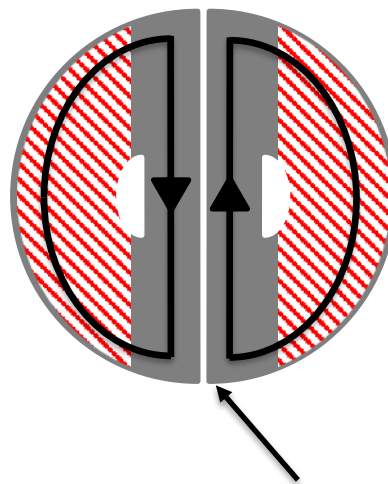
- 前提: 半円コイル2枚を直列または並列に接続し、1台の電力変換回路ので駆動

電流が同位相
(例えば並列接続)



強い発熱

電流が逆位相
(例えば直列接続)



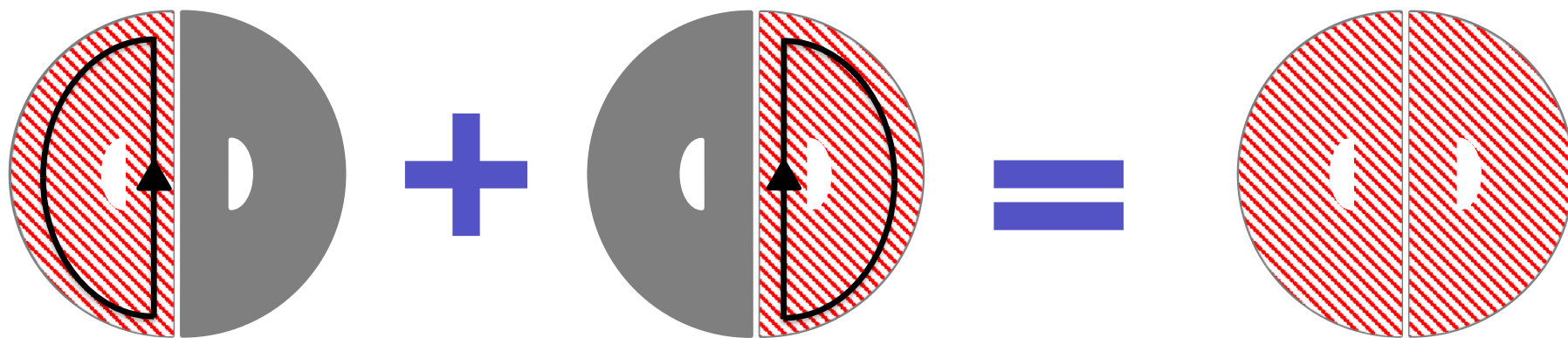
弱い発熱

➡ コイルの面積を発熱に有効に利用できていない



発明：半円コイル2枚による発熱分布

半円コイルを交互に駆動することで、
コイルの面積を有効活用した加熱



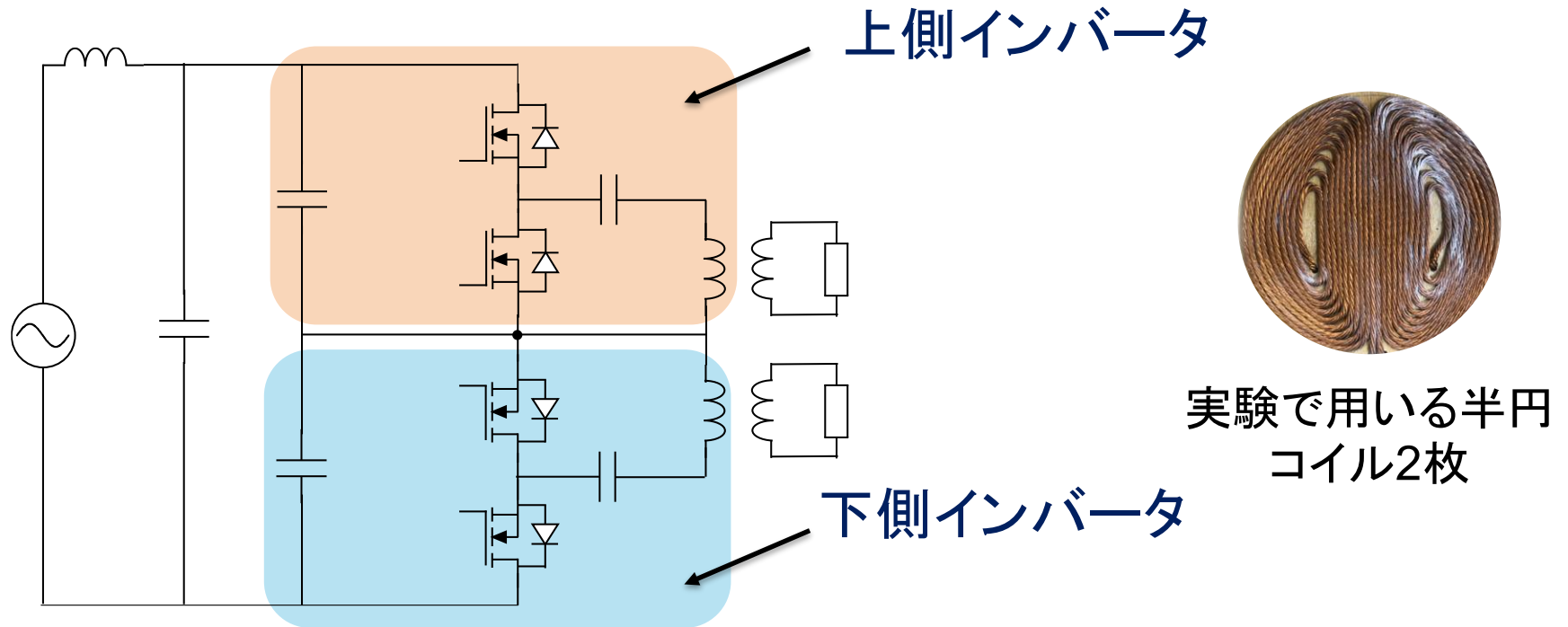
左側のみ駆動

右側のみ駆動



発明: コイルの駆動に適した交流直接変換回路

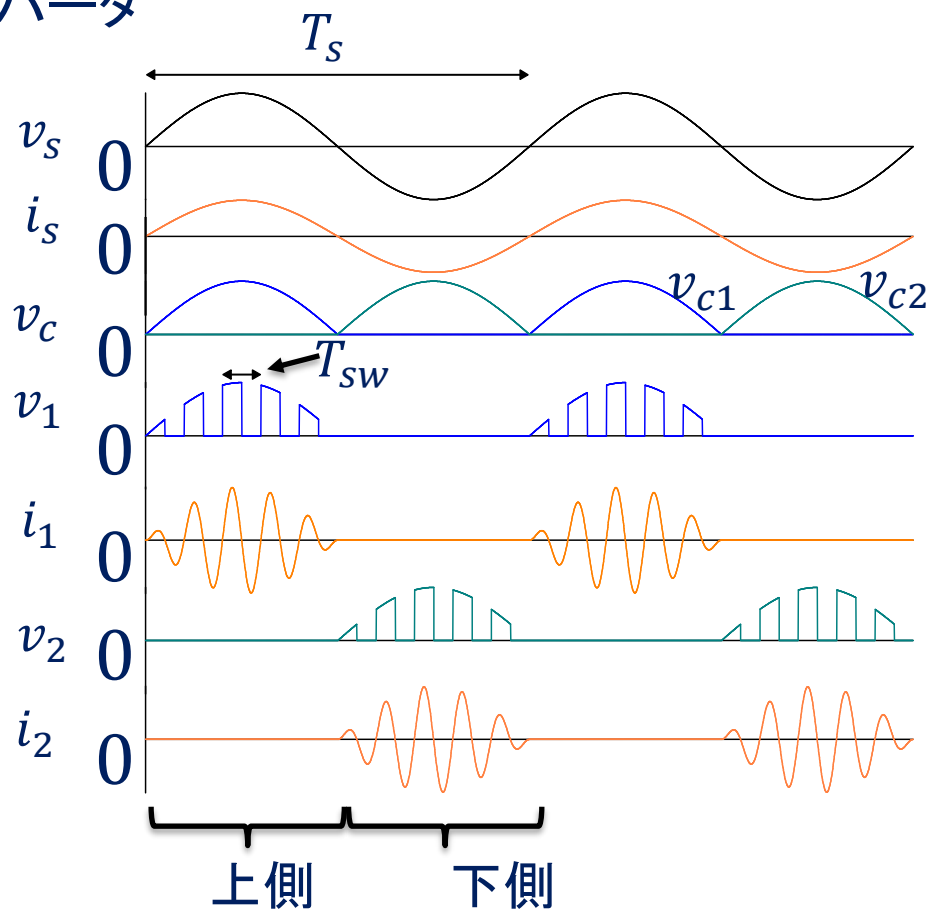
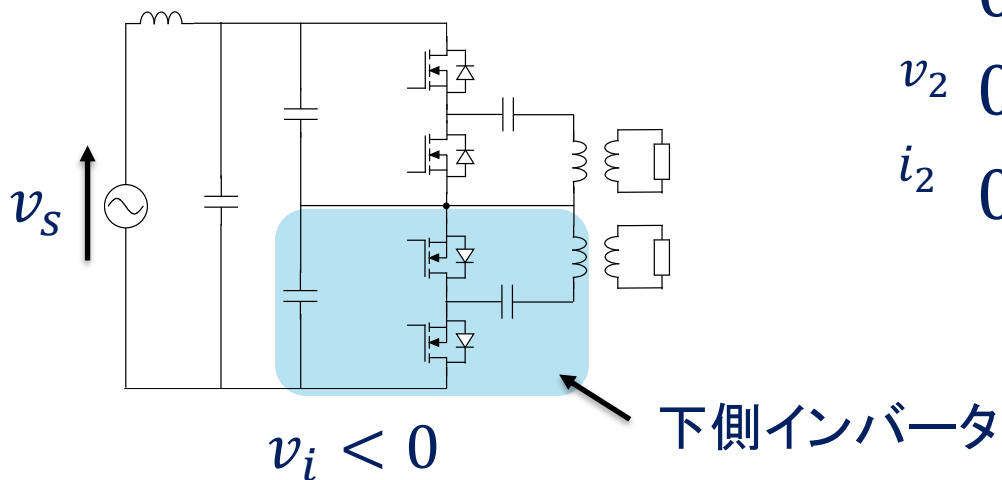
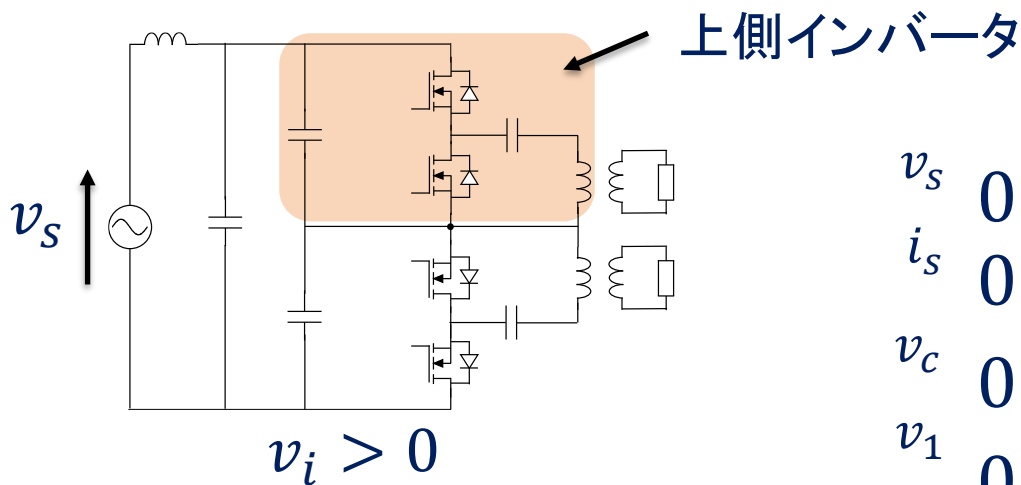
2台のインバータを逆直列接続



「インバータ+半円コイル」を2台用意し、
交流電源に対して逆直列接続



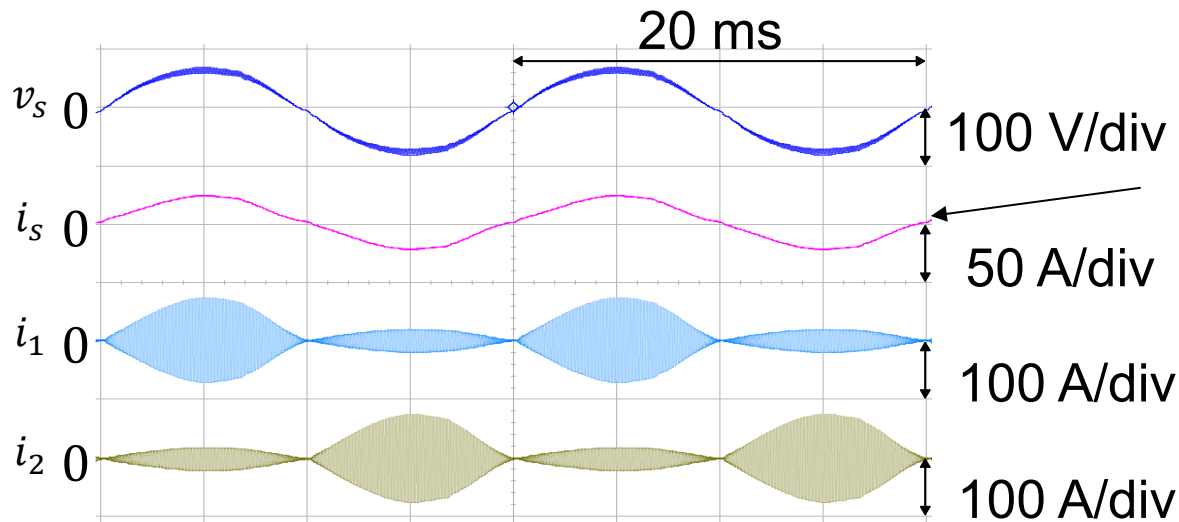
動作原理



➡ 交流電源の半周期で自動的に切り替わる



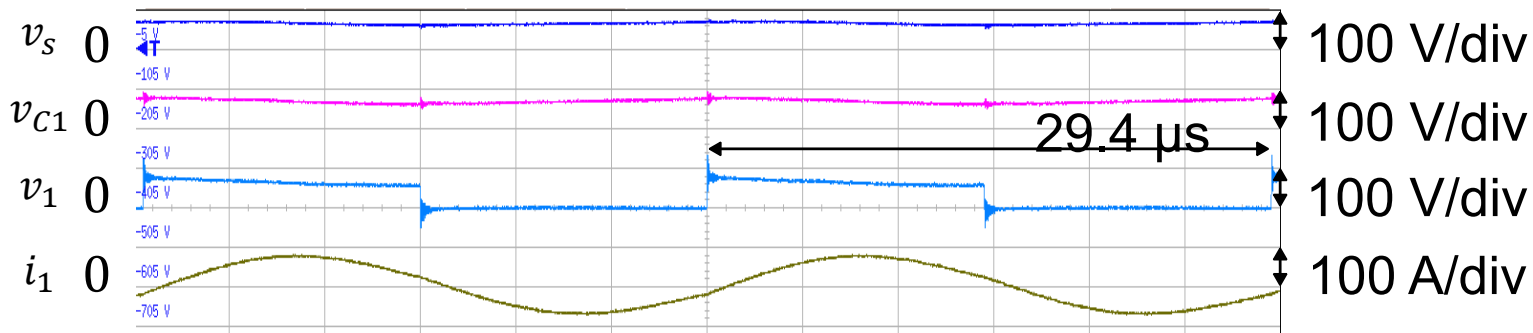
実験結果 : 50 V, 600 W



電源電流歪み率:
THD=7.63 %

交流電源周期の波形

自動で動作が切り替わる！



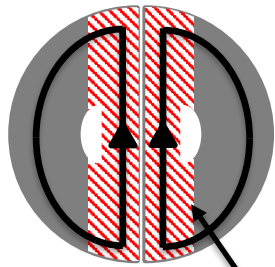
スイッチング周期の波形

零電圧スイッチングを達成！

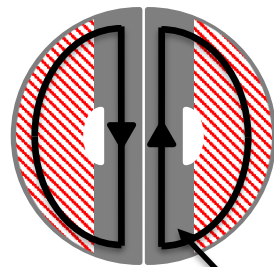
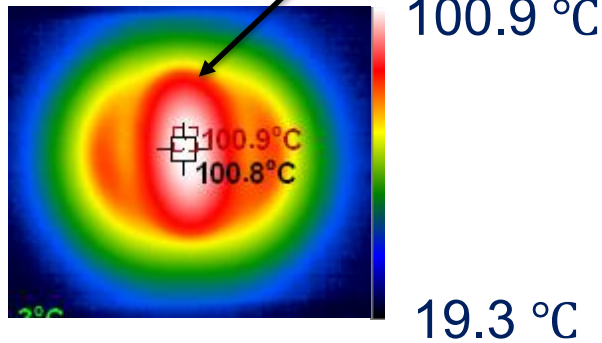


発熱分布の測定結果

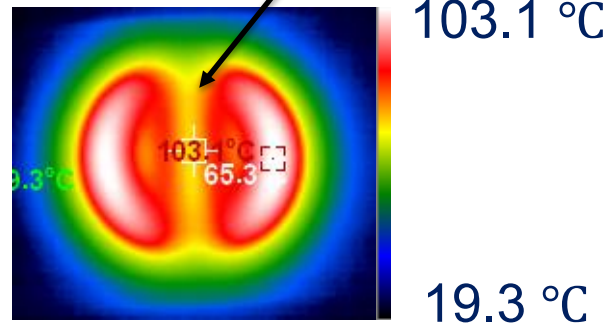
従来手法



Strong heat

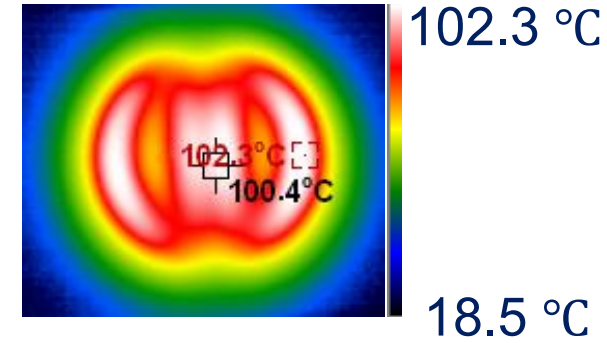
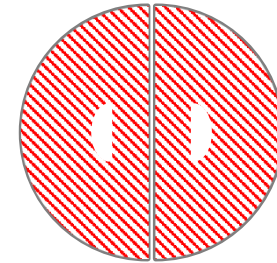


Weak heat



発熱面積: 小さい
発熱むら: 広い

発明した手法

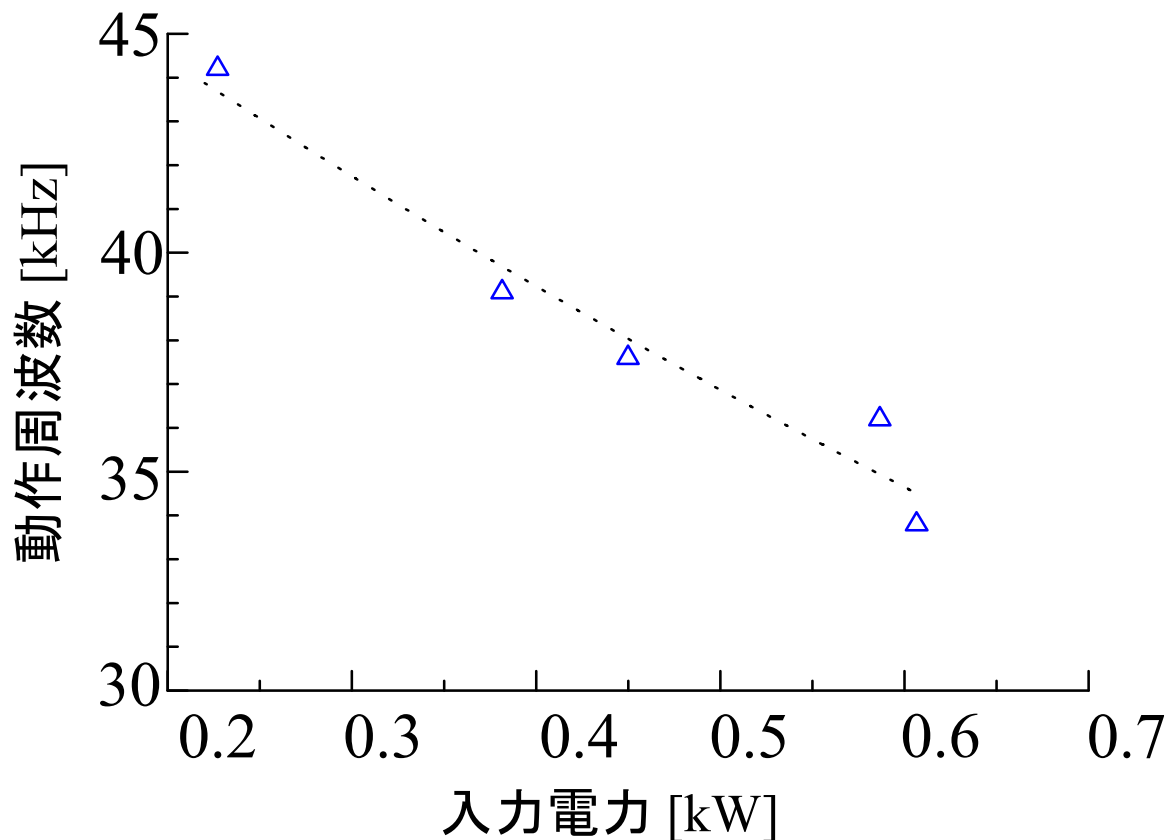


発熱面積: 大きい
発熱むら: 狭い



電力制御の実験結果

動作(スイッチング)周波数による電力制御



一般的な直列共振形誘導加熱と同様に先鋭度(Q値)に応じた特性



新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、被加熱物の加熱むらと電源電流の歪みの低減に繋がる加熱コイルと回路構成、およびその制御手法を開発することに成功した。
- 従来は加熱むらの制御に専用加熱コイルの設計や加熱コイル電流の高精度な制御を必要としていたが、本発明は比較的汎用的なコイルに適用でき、かつ、複雑な制御を必要としない
- 従来は電源電流の高調波が多く、それによる設備容量の制約や別途の高調波補償装置が必要であったが、本発明は電源電流の高調波がほぼなく、この点に留意する必要がない。
- 本技術の適用により、電源設備容量の低減が図れるため、設備の初期投資およびランニングコストの削減が期待できる。



想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、大型平板の加熱や業務用調理器に適用することで、加熱むらの改善による加熱効率の向上および電源の容量低減による省エネルギー化のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、金属平板への塗装の乾燥にも応用が期待できる。



実用化に向けた課題

現在,

- 半円コイル2枚の面積が有効に活用できていること,
 - 電源電流が低歪みであること
- を確認済み。

今後,

- より加熱むらを低減可能な半円コイルの形状,
 - 被加熱物の位置ずれによる電源電流への歪みの影響
- を検討する必要がある。



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組み
基礎研究	・動作原理の検証が完了 (50 V, 600 W入力)	
現在	・電力制御を実現 (100 V, 1.5 kW入力)	
1年後	・半円コイルの形状の検討:加熱むらの低減 ・被加熱物の位置ずれによる電源電流歪みの基礎データの取得	JSTのA-STEPへ応募し研究資金獲得
2年後	・大型平板の加熱実験 ・被加熱物とコイルの条件の設計指針の作成	100 V入力, 200 V入力による試作回路の提供を実現



企業への期待

- 高周波インバータ，誘導加熱技術を持つ，企業との共同研究を希望。
- また，産業向けの誘導加熱装置を開発中の企業，高周波電源分野への展開を考えている企業には，本技術の導入が有効と思われる。



企業への貢献, PRポイント

- 本技術は電源電流の制御と発熱分布の制御といった付加価値を有するため、電力変換器の開発と負荷特性の評価の両面で企業の製品開発に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験および理論解析を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 誘導加熱装置
- 出願番号 : 特願2025-088973
- 出願人 : 国立大学法人東京海洋大学
- 発明者 : 米田昇平, 河原林拓勇



産学連携の経歴

- 2025年- 誘導加熱向けコイルの技術指導を実施
- 2024年- 誘導加熱向け回路の技術指導を実施
- 2024年- 車載充放電回路の共同研究, 技術指導を実施
- 2022年- 小型電動車向け動力装置の評価の共同研究を実施
- 2020-2024年 車載充電回路の共同研究を実施



お問い合わせ先

国立大学法人 東京海洋大学

海の研究戦略マネジメント機構

T E L 03-5463-0859

e-mail mss-soudan@m.kaiyodai.ac.jp

